LES ONDES

OMAR BANANI

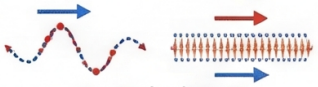
Transverse Mechanics · Longitudinal Mecanics · Mécaniques · Electromagnetic · Diffraction · Dispersion



Ocean waves



Décovenice waves



Longitudinal Wave

DÉFINITIONS FONDAMENTALES



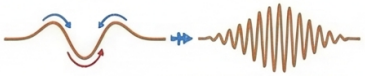


- **Nature d'une Onde:** Propagation d'une perturbation sans transport de matière
- **Types d'Ondes:**
  - **Mécaniques:** Nécessitent un milieu matériel (son, vagues, cordes)
  - **Électromagnétiques:** Peuvent se propager dans le vide (lumière, ondes radio)
- **Classification Géométrique:**
  - **Transversale:** Perturbation ⊥ direction de propagation (vagues, ondes EM)
  - **Longitudinale:** Perturbation ∥ direction de propagation (son, ressort)
- **Célérité (v):** Vitesse de propagation dépendante du milieu

$$v = \frac{d}{t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu$$

Collège: Pas de matière se déplace, juste de l'énergie!

ONDES PROGRESSIVES



Onde Progressive: Se déplace sans déformation, transporte de l'énergie

Retard Temporel (τ): $\tau = \frac{d}{v}$

Relation d'Élongation: $y_M(t) = y_S(t - \tau)$

M reproduice S avec délay τ

Onde Périodique: Phénomène se répète identiquement après une période T

Grandeurs Caractéristiques:

Période (T): s

Fréquence (ν): Hz $\nu = \frac{1}{T}$

Longueur d'onde (λ): m (distance parcourue pendant T)



Ripple tank



Ripple tank

Lycée : Retard τ = distance/célérité (comme un train)

APPLICATIONS & DISPOSITIFS





- **Dispositifs expérimentaux:**

Mesure de célérité d'onde:

- **Cuve à ondes:** v = d/τ (mesure de retard)
- **Corde:** $v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ (T tension, μ masse linéique)

Diffraction Ultrasons:

- Émetteur → fente variable → récepteur
- Vérification: θ = λ/a

Diffraction Lumière:

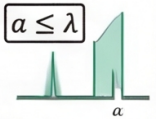
- Laser → fente fine (a ≈ 0.1 mm) → écran
- Tache centrale large = preuve de diffraction

Collège: Pas de matière maière se déplace, juste de l'énergie!

DIFFRACTION

Phénomène: Déviation de l'onde lors du passage à travers un obstacle ou une ouverture

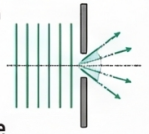
Condition: Ouverture (a) ≤ longueur d'onde (λ) $a \leq \lambda$



Caractéristiques des ondes diffractées:

- Même fréquence que l'onde incidente
- Même célérité dans le même milieu
- Onde sphérique si l'ouverture est quasi ponctuelle

Onde mécanique: Diffraction ultrasonore (a ≈ λ)



Formule de l'angle de diffraction:

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \quad \text{(rad)}$$

θ est le maiß d'angle di'ouverture de la diffractée

Supérieur: Diffraction = preuve de l'onde (Huygens-Fresnel)

LES FORMULES

$$\nu = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu \qquad \lambda = \frac{c}{\nu}$$

$$\theta = \frac{\lambda}{a} \qquad n = \frac{c}{\nu}$$

Spectre visible:

400 nm ← jiaun → 800 nm

violet bleu vert jaunerangerougeI nRe

MILIEUX DISPERSIFS









Définition: Milieu où v dépend de la fréquence (ou λ)

Conséquence: Décomposition de la lumière blanche (prisme)

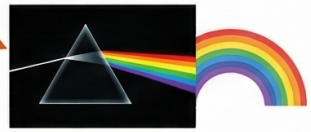
Exemples: Verre, eau, air (légèrement dispersif)

Arc-en-ciel: Dispersion des gouttelettes d'eau

Relation

Relation: v = c/n(λ)

Application: Spectroscopie, analyse de la composition lumineuse



Applications professionnelles:









Transverse Mechanics
Longitudinal Mechanics
Electromagnetic
Diffraction
Dispersion

ONDES LUMINEUSES

Nature ondulatoire: Démontrée par la diffraction (trajet non strictement)

Spectre visible: λ: 400 nm (violet) à 800 nm (rouge)

Célérité: c = 3,00 × 10⁸ m/s (vide)



Relation fondamentale: $\lambda = \frac{c}{\nu}$

Types de lumière:

- **Monochromatique:** Une seule longueur d'onde (laser)
- **Polychromatique:** Plusieurs longueurs d'onde (lumière blanche)

Indice de réfraction (n): $n = \frac{c}{v} > 1$ v est la vitesse anu milieu

Fréquence invariante: Quand la lumière change de Milieu, v constante, λ change



Professionnel: Échographie médicale: petite longueur d'onde = haute résolution



WAVES

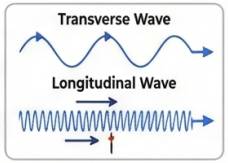
OMAR BANANI

$$v = \frac{\lambda}{T} = \lambda\nu \quad \lambda = \frac{c}{\nu} \quad \theta = \frac{\lambda}{a} \quad n = \frac{c}{v}$$

Spectre visible :
400 nm ← violet bleu vert
jaune orange rouge → 800 nm

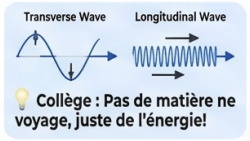
DÉFINITIONS FONDAMENTALES





- **Nature d'une Onde** — Propagation d'une perturbation sans transport de matière
- **Types d'Ondes**
  - **Mécaniques** — Mécaniques — Nécessitent un milieu matériel (son, vagues, cordes)
  - **Électromagnétiques** — Électromagnétiques — Peuvent se propager dans le vide (lumière, ondes radio)
- **Classification Géométrique**
  - **Transversale** — Transversale — Perturbation ⊥ direction de propagation (vagues, ondes EM)
  - **Longitudinale** — Longitudinale — Perturbation ∥ direction de propagation (son, ressort)

$$v = \frac{d}{t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot \nu$$ Vitesse de propagation dépendant du milieu)



💡 Collège : Pas de matière ne voyage, juste de l'énergie!

ONDES PROGRESSIVES





- **Onde Progressive** — Se déplace sans déformation, transporte de l'énergie
- **Retard (τ)** — $\tau = \frac{d}{v}$
- **Relation d'Élongation** — $y_M(t) = y_S(t - \tau)$ — M reproduit le mouvement de S avec un retard τ
- **Onde Périodique** — Phénomène se répète identiquement après une période T
- **Grandeurs Caractéristiques**
  - Période (T): s
  - Fréquence (ν): Hz — $\nu = \frac{1}{T}$
  - Longueur d'onde (λ): m (distance parcourue pendant T)





💡 Lycée : Retard τ = distance/vitesse (comme un train)

APPLICATIONS & DISPOSITIFS









- **Dispositifs** — Mesure de vitesse d'onde — Cuve à ondes : v=d/τ (mesure de retard) — Corde: v=√(T/μ (T tension, μ masse linéique)
- **Diffraction Ultrasonore** — Émetteur → fente variable → récepteur
- **Diffraction Lumineuse** — Laser → fente étroite (a ≈ 0.1 mm) → écran [illegible] = preuve de diffraction
- **Applications professionnelles** — Télécommunications (Illeceons. (ultrasons), acoustique — Interférométrie (LIGO, ondes gravitationnelles), spectroscopie





💡 Professionnel: Échographie médicale : petite longueur d'onde =

DIFFRACTION

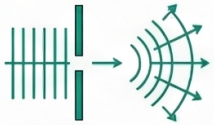








- **Phénomène** — Déviation de l'onde au passage d'un obstacle ou d'une ouverture
- **Condition** — Taille de l'ouverture (a) ≤ longueur d'onde (λ) — $a \leq \lambda$
- **Caractéristiques ondes diffractées** — Même fréquence que l'onde incidente — Même vitesse dans le même milieu — Onde sphérique si l'ouverture est une onde ponctuelle
- **Onde mécanique exemple :** Diffraction ultrasonique (a ≈ λ)
- **Formule de l'angle de diffraction** — $\theta = \frac{\lambda}{a}$ (rad)



💡 Supérieur: Diffraction = preuve d'onde (Huygens-Fresnel)

MILIEUX DISPERSIFS









- **Définition** — Mesure de vitesse d'onde: Cuve à ondes: v=d/τ (mesure de retard) — Corde: v=√(T/μ) (T tension, μ masse linéique)
- **Conséquence** — Émetteur → fente variable → récepteur — Vérifications EM — θ = λ/t — v =√(T/μ) àtam
- **Exemples** — Verre, eau, air (légèrement dispersif) — Arc-en-ciel: Dispersion de gouttelettes d'eau
- **Relation** — Décommposition de la lumière blanche (prisme)
- **v = c/n(λ)** — Spectroscopie, analyse de composition lumineuse
- **Application** — Contrôle non destructif (ultrasons), acoustique — Interférométrie (LIGO, ondes gravitationnelles), spectroscopie









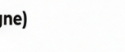
💡 Professionnel: Échographie médicale: petite longueur d'onde = haute résolution

ONDES LUMINEUSES

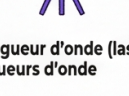


















- **Nature ondulatoire** — Démontrée par la diffraction (trajet pas strictement rectiligne)
- **Spectre visible** — λ: 400 nm (violet) à 800 nm (rouge)
- **Vitesse de la lumière (c)** — c = 3.00 × 10⁸ m/s (vide)
- **Relation fondamentale** — $\lambda = \frac{c}{\nu}$
- **Types de lumière** — Monochromatique: Une seule longueur d'onde (laser) — Polychromatique: Plusieurs longueurs d'onde (lumière blanche)
- **Indice de réfraction (n)** — $n = \frac{c}{v} > 1$ (v: vitesse dans le milieu)
- **Fréquence invariante** — Quand la lumière change de Milieu, ν constant, λ change

NUCLÉAIRE

OMAR BANANI

$$A = A_0 e^{-\lambda t} \qquad E = \Delta m \cdot c^2 \qquad t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$$

$$E_l = [Z\,m_p + N m_n - m_{\text{noyau}}]c^2$$

1 u = 931.5 MeV/c²
$t_{1/2}$(C-14) = 5730 ans
$t_{1/2}$(U-238) = 4.5×10⁹ ans

STRUCTURE DU NOYAU

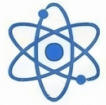


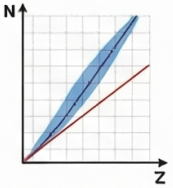
Diagramme du noyau atomique (protons/neutrons).

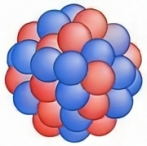
Symbole du nucléide:

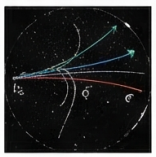
$$^{A}_{Z}X$$

A: Nombre de masse (nucléons: $p^+ + n^0$)
Z: Numéro atomique (protons)
N = A − Z: Neutrons
Isotopes: Même Z, différent A (e.g., ^{12}C, ^{13}C, ^{14}C)

(N,Z) Diagramme:
Stable zone: N/Z ≈ 1 (léger) → N/Z ≈ 1.5 (lourd)
β^- decay: N trop grand (au-dessus de la courbe)
β^+ decay: N trop petit (en-dessous de la courbe)
Emission Alpha: Z > 83 (très lourd)









APPLICATIONS & RISKS

Médecine
Diagnostique: Tc-99m (γ, $t_{1/2}$ = 6h), I-131 (thyroïde)
Thérapies: Co-60 (radiothérapie), I-125 (prostate)
Imagerie: TEP (positrons), IRM (pas de radioactivité)

Datation
C-14: $t_{1/2}$ = 5730 ans (archéologie)
U-238: $t_{1/2}$ = 4.5 Ga (geology)



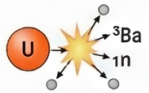
Énergie
Centrales de fission (U-235, Pu-239)
Réacteurs de recherche (neutrons)
Future fusion (ITER)

Dangers
Effets déterministes: Fortes doses (brûlures, syndrome..)
Effets sthastiques: Cancer (probabilité ∝ dose)
Protection: Temps, Distance, Écran (∝...)

Lycée Professionnel: Équivalence masse-énergie $E=mc^2$ (1 g = 9^{13} J)

FISSION & FUSION

Réaction en chaîne de fission, Fusion Tokamak



Fission: Division d'un noyau lourd (A > 200) en fragments
Réaction:
$(U + 0^1n) \rightarrow (Ba + 36^{92}_{?})\ (Kr + 3 0^1n)$
Énergie libérée: ~200 MeV par fission
Réaction en chaîne (neutrons produits)
Contrôle: Barres de bore (absorbent les neutrons)

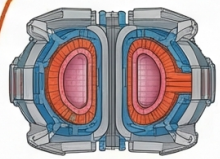


Fusion: Assemblage de noyaux légers (A < 20)
Réaction:
$(H + 1^3H) \rightarrow 2^4He + 0^1n$
Énergie libérée: ~17 MeV
Conditions: T > 10^7 K (plasma)
Soleil: $4H \rightarrow {}^4He + 2e^+ + 2v$ + *énergie*
Bilan énergétique:

$$E_{\text{libérée}} = |\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2$$





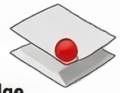


Enseignement Supérieur: Valeur Q des réactions (bilan masse-énergie)

RADIOACTIVITÉ

Symbole international de la radioactivité.
Définition: Transformation spontanée d'un noyau instable
Lois de conservation:
Conservation du nombre de masse (A)
Conservation de la charge (Z)

Types de radioactivité:

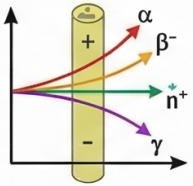


α (hélium): (arrêté par le papier)
$(^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z-2}{}^{A-4}Y + 2^4He)$
Range: a few cm (air), paper edge

β^- (électron): (arrêté par l'aluminium)
$(^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z+1}{}^{A}Y + {}_{-1}{}^{0}e + \nu_e)$
$n \rightarrow p^+ + e^- +$ antineutrino

β^+ (positron): (arrêté par l'aluminium)
$(^{A}_{Z}X \rightarrow {}_{Z-1}{}^{A}Y + {}_{+1}{}^{0}e + \nu_e)$
$p^+ \rightarrow n + e^+ +$ neutrino

γ (rayonnement): (arrêté par le plomb épais)
Émission de photons haute énergie
Excited nucleus → ground state
Range: significant (lead required)
Trajectoires α, β, γ dans un champ magnétique



DÉSINTÉGRATION RADIOACTIVE

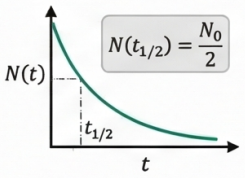
Graphe de désintégration exponentielle.

Loi Exponentielle:
Activité (A): $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t} = -\frac{dN}{dt}$ Unit: Becquerel (Bq) = 1 désintégration/s

Nombre de noyaux:
Constante radioactive (λ): $\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$ Unit: s^{-1}

Temps caractéristiques:
Constante de temps: τ = 1/λ (time for N = N_0/e)
Demi-vie: $t_{1/2} = \ln(2)/\lambda \approx 0.693/\lambda$

Datation d'échantillon: $t = \frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \cdot \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$ désintégrations





Collège: "Radioactivité = horloge naturelle" (datation)

ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Centrales nucléaires

Défaut de Masse:

$$\Delta m = [Z \cdot m_p + N \cdot m_n] - m_{\text{noyau}}$$

Énergie de Liaison:

$$E_l = \Delta m \cdot c^2 \qquad c = 3.00 \times 10^8 \text{ m/s}$$

Énergie de liaison par nucléon:

$$E = \frac{E_l}{A}$$



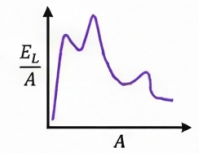
Centrales nucléaires (Tours de refroidissement)

Défaut de Masse:
1 eV = 1.602 × 10^{-19} J
1 u = 1.66054 × 10^{-27} kg = 931.5 MeV/c²

Énergie de liaison par nucléon:
Stable nuclei: High E_L/A

Unités: Inbrs nuclei E_L
1 eV = 1.602 × 10^{-19} J
1 u = 1.66054 × 10^{-27} kg = 931.5 MeV/c²

Courbe d'Aston: E_L/A vs A
Croissante (A < 56) → Décroissante (A > 56)
Croissante (A < 56) → Décroissante (A > 56)





Lycée: $t_{1/2}$ indépendant de N_0 (désintégration naturelle)

'NUCLEAIRE'

'OMAR BANANI'

$c = 3.00\times10^8$ m/s
1 u = 931.5 MeV/c²
$t_{1/2}$(C-14) = 5730 ans
$t_{1/2}$(U-238) = 4.5×10^9 ans

$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$

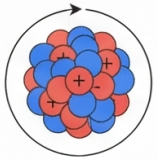
$E = \Delta m \cdot c^2$

$E_l = [Zm_p + Nm_n - m_{noyau}]c^2$

$A = A_0 e^{-\lambda t}$

$t_{1/2} = \frac{\ln(2)}{\lambda}$

STRUCTURE DU NOYAU



Symbole de Nuclide

$^{A}_{Z}X$

A: Nombre de masse (nucléons: $p^+ + n^0$)
Z: Numéro atomique (protons)
N = A − Z: Neutrons

Isotopes
Même Z, A différent (ex: ^{12}C, ^{13}C, ^{14}C)

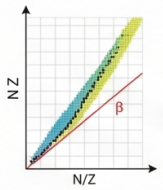
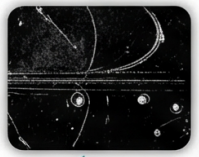
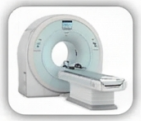


Diagramme (N,Z)
Zone de stabilité: N/Z ≈ 1 (légers) → N/Z ≈ 1.5 (lourds)
Désintégration β⁻: N trop grand (au-dessus de la courbe)
Désintégration β⁺: N trop petit (en dessous de la courbe)
Émission Alpha: Z > 83 (très lourds)



APPLICATIONS & RISQUES



Médecine
Diagnostics: Tc-99m (γ, $t_{1/2}$ = $t_{1/2}$ = 6h)
I-131 (thyroïde), **Thérapies:** mie)
Co-60 (radiothérapie), I-125 (prostate)
Imagerie: PET (positrons), MRI (pas



Datation
C-14: $t_{1/2}$ = 5730 ans (archéologie)
U-238: $t_{1/2}$ = 4.5 Ga (géologie)

Énergie
Centrales à fission (U-235, Pu-239)
Réacteurs de recherche (neutrons)
Futur fusion (ITER)

Dangers
Effets déterministes:
Hautes doses (brûlures, syndrome d'irradiation)
Effets stochastiques: Cancer (probabilité ∝ dose)
Protection: Temps, Distance, Écran (plomb, béton)



Unités de dose
Gray (Gy): énergie absorbée (J/kg)
Sievert (Sv): dose équivalente (biologique)

FISSION & FUSION





Fission
Division d'un noyau lourd (A > 200) en fragments
Réaction: $(U + 0^1n \rightarrow (Ba + 36^92) + (Kr + 30^1n)$
Énergie libérée: ~200 MeV par fission
Réaction en chaîne (neutrons produits)
Contrôle: Barres de bore (absorbe neutrons)





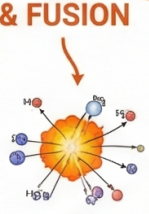
Fusion
Assemblage d'un noyau léger (A < 20)
Réaction: $(H + {}^1_3H) \rightarrow {}^4_2He + {}^0_1n$
Énergie libérée: ~17 MeV
Conditions: $T > 10^7$ K (plasma)
Soleil: $4H \rightarrow {}^4He + 2e^+ + 2\nu$ + énergie

Bilan énergétique
$E_{libérée} = |\Delta E| = |\Delta m| \cdot c^2$

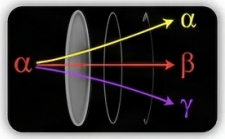


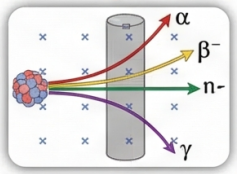






RADIOACTIVITÉ





α (stopped by paper)
β (stopped by aluminum)
γ (stopped by thick lead)

Définition
Transformation spontanée d'un noyau instable

Lois de conservation
Conservation du nombre de masse (A)
Conservation de la charge (Z)

Types de radioactivité

α (hélium) $({}^A_ZX \rightarrow {}^{Z-4}_{Z}Y + 2^4He)$
Portée: quelques cm (air), feuille de papier

β⁻ (électron) $({}^A_ZX \rightarrow {}^{Z+1}_{Z}Y + {}^0_{-1}e + \nu_e)$
n → p⁺ + e⁻ + antineutrino

β⁺ (positron) $({}^A_ZX \rightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^0_{+1}e + \nu_e)$
p⁺ → n + e⁺ + neutrino

γ (rayonnement)
Émission de photons haute énergie
Noyau excité → état fondamental
Portée: significative (plomb nécessaire)

DÉCROISSANCE RADIOACTIVE



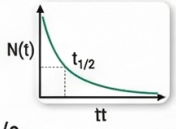
Loi Exponentielle

Actuvité (A)
Actvité (A): $A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t} = -\frac{dN}{dt}$
Unité : Becquerel (Bq) = 1 désintégration/s
Nombre de noyaux: $N(t) = N_0 \cdot e^{-\lambda t}$

Constante radioactive (λ) $\lambda = \frac{1}{\tau} = \frac{\ln(2)}{t_{1/2}}$
Unité: s^{-1}

Temps caractéristiques
Constante de temps: τ = 1/λ (temps pour N = N_0/e)
Demi-vie: $t_{1/2} = \ln(2)/\lambda = 0.693/\lambda$ $N(t_{1/2}) = \frac{N_0}{2}$

Datation d'échantillon $t = \frac{t_{1/2}}{\ln(2)} \cdot \ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$



ÉNERGIE NUCLÉAIRE





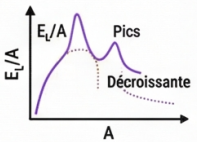
Défaut de Masse $\Delta m = [Z \cdot m_p + N \cdot m_n] - m_{noyau}$

Énergie de Liaison $E_l = \Delta m \cdot c^2$ $c = 3.00 \times 10^8$ m/s

Énergie de liaison par nucléon $\frac{E_l}{A}$
Maximum: Fe-56 (≈ 8.8 MeV/nucléon)
Noyaux stables: E_L/A élevée

Énergie de liaison par nucléon
1nités = 1eV = 1.66054×10^{-17} kg = 931.5 MeV/c²

Courbe d'Aston
E_L/: Croissante (A < 56) → Décroissante (A > 56)



ÉLECTRICITÉ

OMAR BANANI

Central Formulary

$\tau_{RC} = RC \quad \tau_{RL} = \frac{L}{R} \quad Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$

1 µF = 10^{-6} F
1 mH = 10^{-3} H
1 MHz = 10^{6} Hz

CONDENSATEUR & CIRCUIT RC



Condensateur stories énergie électrique

Condesateur (electrolytic)

$q = C \cdot u_C$

$i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{du_C}{dt}$

Capacitances Equivalantes

$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

$C_{eq} = C_1 + C_2$

$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{di_C}{C_1} + E$

$C_{eq} = C_1 + C_2$

RC Différential Equation (Charge)

$u_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$

$i(t) = \frac{E}{R}e^{-t/\tau}$

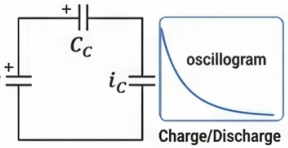
$u_C + RC \cdot \frac{du_C}{dt} = E$

$\tau = RC$ (s)

$E_C = \frac{1}{2}Cu_C^2$

63% charge after τ
Almost full charge after 5τ
Continuity: u_C, i discontinuous at t = 0



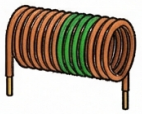


Lycée: τ = temps pour atteindre 63% de la valeur finale





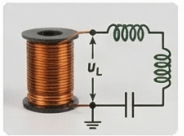
BOBINE & CIRCUIT RL



Bobine Storires énergie magnétique

$u_L = ri + L\frac{di}{dt}$

r: résistance interne (Ω)
L: Inductance (H)

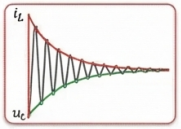


RL Différential IRL

$i + \frac{L}{R}\frac{di}{dt} = \frac{E}{R}$

$i(t) = \frac{E}{R}(1 - e^{-t/\tau})$

$u_L(t) = Ee^{-t/\tau}$



establishment

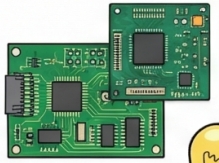
$\tau = \frac{L}{R}$ (s)

Stoed Energie $E_L = \frac{1}{2}Li^2$

Continuity : i continuous, u_L discontinuous at t =0

Effect: Coil delays en current variations (électoromagnetic Iragnetine)

$E_L = \frac{1}{2}Li^2$



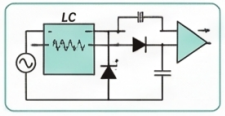


MODULATION & DÉMODULATION



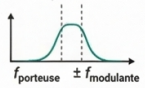
Amplitude Modulation (AM)

Carrieur : high frequency (MHz)
Modulating : low frequency signal (audio)
Carrier amplitude varies with modulating amplitude amplitude
Modulating amplitude < carrier amplitude (avoid overmodulation) — Condition



Demodulation (steps)
LC shunt circuit
Carrier frequency selection
Envelope detector
Diode + Capacitor
(extraction modulation)
Fitemen ⁂modulation

Amplification: Audio signal recovered



Spectrum frequency
Quality
Matched bandpass filters

$f_{porteuse} \pm f_{modulante}$







ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES



Energie transport without matière
c = 3×10⁸ m/s (vacuum)

Spectrum: radio → micro-ondes → IR → visible → UV → X → γ



Transmitter: EM wave sarore same frequency as electrical signal
Receiver: signal electric signal induced by EM wavare — Antennas



Antennne: Antenna transmitt/receives (bidirectional) — Teléphone

Accélération des sannes charges electriques
Oscillations des electrons san the antenna



AM radio (long wave, medium wave)
Analog telecommunications
Vintage cordless phone — Radio, radar, GPS



Applications















RLC SINUSOÏDAL & RÉSONANCE

Professionnel:
Q élevé = forte sélectivité (Radio FM vs AM)

Médical:
IRM = Résonance de Larmor (haute précision de Q)

Impédance $Z = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$ (Ω)

Université:
Analyse fréquentielle (impédance complexe $Z = R + j(L\omega - \frac{1}{C\omega})$)

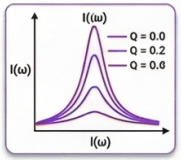
Fríquency natural $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Resonance (current) when on $\omega = \omega_0$
Minimum Z = R
Maximum I
Possible overvoltage across terminals L and C

Quality factor $Q = \frac{L\omega_0}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$
High Q: Sharp resonac
Low Q: Broad resonan

Bandwidth at -3dB $\Delta\omega = \frac{\omega_0}{Q}$

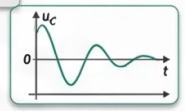
Power: $P = UI\cos\varphi$
cos φ: per factor factor
cos φ: power factor, φ: current/voltage - shift

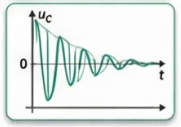


Oscillations

Équation chation $LC \cdot \frac{d^2u_C}{dt^2} + RC \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$

Régime	Condition	Shape
Périodique	$R = 0$	Pure sinusoidal
Pseudo-périodique	$R = 2\sqrt{L/C}$	Damped oscillations
Apériodique	$R > 2\sqrt{L/C}$	Exponential feedback





Période periode (without damping) $T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$

Pseudo-periode (low damping) $T \approx T_0$

Total énergie $E_{tot} = \frac{1}{2}Cu_C^2 + \frac{1}{2}Li^2$

Oscillations
Conversion $E_C \leftrightarrow E_L$

Maintaining oscillations : 0ode bulb — Compensating for energie energie (amplifier)

ELECTRICITY

$\tau_{RC} = RC$ $\tau_{RL} = \frac{L}{R}$ $\tau_{RL} = \frac{L}{R}$ $Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$

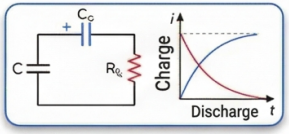
$T_0 = 2\pi\sqrt{LC}$ $E_C = \frac{1}{2}Cu_C^2$

1 µF = 10^{-6} F
1 mH = 10^{-3} H
1 MHz = 10^{6} Hz

OMAR BANANI

CONDENSATEUR & CIRCUIT RC

Regular text #374151



Condensateur: Stocke l'énergie électrique

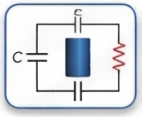
Fundamental Relationships: $q = C \cdot u_C$ $i = \frac{dq}{dt} = C \cdot \frac{du_C}{dt}$

Capacités Équivalentes

Série : $\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

Série: $C_{eq} = C_1 + C_2$

Parallèle: $C_{eq} = C_1 + C_2$





RC oszillogram



Oscilloscope



Équation Différentielle RC (Charge)

$u_C + RC \cdot \frac{du_C}{dt} = E$ Solution: $u_C(t) = E(1 - e^{-t/\tau})$ $i(t) = \frac{E}{R}e^{-t/\tau}$

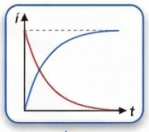
$\tau = RC$ (s) **Constante de temps**

63% de charge après τ

Presque charge complète après 5τ

Continuité: u_C continue, i discontinue à t=0

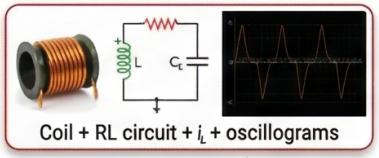




High School:
τ = time to reach
63% of final value

BOBINE & CIRCUIT RL

Regular text #374151



Coil + RL circuit + i_L + oscillograms



Bobine: Stocke l'énergie magnétique.

Tension aux bornes: $u_L = r\,i + L\frac{di}{dt}$

r: Résistance interne (Ω)
L: Inductance (H)

Équation Différentielle RL

$\left(i + \frac{L}{R}\frac{di}{dt}\right) = \frac{E}{R}$ Solution: $i(t) = E/R(1 - e^{-t/\tau})$ $(u_L(t) = Ee^{-t/\tau}$

Constante de temps: $\frac{L}{R}$ (s) $E_L = \frac{1}{2}Li^2$

$\tau = \frac{L}{R}$

Stored Energie: i continue
Effet: i continue, u_L discontinue à t=0
Effet: Bobine retarde les variations de courant (inertie électromagnétique)





PCB

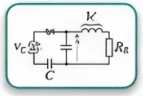






MODULATION & DÉMODULATION

18pt gray #374151



Modulation d'Amplitude (AM)
Porteuse: haute fréquence (MHz)
Modulante: signal basse fréquence (audio)
L'amplitude de la porteuse varie avec l'amplitude



Démodulation (étapes)
Circuit LC bouchon: Sélection fréquence porteuse
Détecteur d'enveloppe: Diode + Condensateur (extraction modulante). Signal audio récupéré.



Spectre de fréquence

$f_{carrier} \pm f_{modulating}$

Qualité: Filtres passe-bande adaptés
Applications: Radio AM (grandes ondes, ondes moyennes)
Télécommunications analogiques, Téléphone sans fil vintage



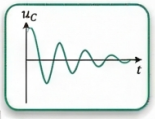


CIRCUIT RLC & OSCILLATIONS

18pt gray #374151

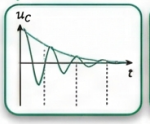
Équation Différentielle

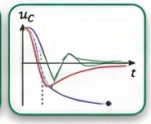
$LC \cdot \frac{d^2u_C}{dt^2} + RC \cdot \frac{du_C}{dt} + u_C = 0$

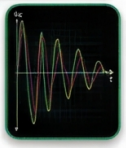


Régimes d'Amortissement (Table)

Régime	Condition	Shape
Périodiqe	$R = 0$	Pure sinusoidal waveform
Pseudo-périodice	$R < 2\sqrt{L/C}$	Damped oscillations
Aperiodic	$R > 2\sqrt{L/C}$	Exponential feedback







Période propre
(sans amortissement)
$E_{tot} = \frac{1}{2}Cu_C^2 + \frac{1}{2}Li^2$

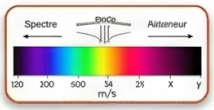
Peeudo-période
(faible amortissement)
$T \approx T_0$



Oscillations: Conversion $E_C \leftrightarrow E_L$
Amortissement: Dissipation par effet Joule
Maintien des oscillations: Compensation de l'énergie perdue (amplificateur)

ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES

13pt grany #374151



Caractéristiques
Transport d'énergie sans matière
$c = 3\times10^8$ m/s (vide)
Spectre: radio → micro-onde → IR → visible → UV → X → γ



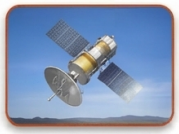
Antennes
Émetteur: Onde EM même fréquence que signal électrique
Récepteur: Signal électrique induit par onde EM
Téléphone: Antenne émet/reçoit (bidirectionnel)
Production: Accélération des charges électriques
Oscillations des électrons dans l'antenne
Applications: Radio, TV, téléphonie, WiFi, radar, GPS













RLC SINUSOÏDAL & RÉSONANCE

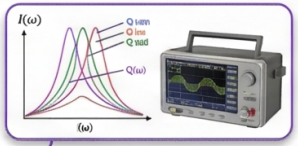
13pt gravy #374151

University:
Frequency analysis (complex impedance
$Z = R + j(L\omega - 1/C\omega)$)

Impédance: $Z = \frac{U}{I} = \sqrt{R^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$ (ω)

Fréquence propre $\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$

Résonance (courant) quand ω = $ω_0$
Minimum Z = R, Maximum I
Surtension possible aux bornes L and C

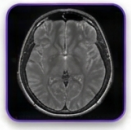


Facteur de qualité: $Q = \frac{L\omega_0}{R} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{L/C}}$

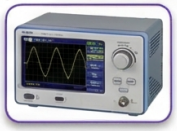
High Q: Sharp resonance
Low Q: Broad resonanc 3 -3dB

Puissance: $P = UI\cos\varphi$
cos φ: power factor
φ: current/voltage phase shift

Medical:
MRI = Larmor resonance (high Q accuracy)



Audio frequency generator (sinusoidal



Spectre de fréquence:

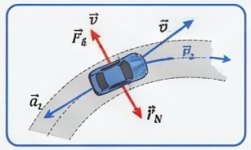
$f_{carrier} \pm f_{modulating}$

Qualité: Filtres passe-bande adaptés
Radio AM (grandes ondes, ondes moyennes)
Télécommunications analogiques
Téléphone sans fil vintage

MÉCANIQUE
OMAR BANANI



LOIS DE NEWTON

Nature de mouvement

$\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}, \quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$

$\vec{a} \cdot \vec{v} > 0 \Rightarrow$ accéléré

$\vec{a} \cdot \vec{v} < 0 \Rightarrow$ décéléré

Cinématique

2nde Loi de Newton (Référentiel galiléen)

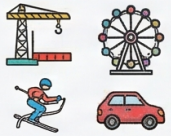
$\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G$

Troisième Loi (Action-Réaction) $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

Base de Frenet

$\vec{a} = a_T\vec{t} + a_N\vec{n}$

$a_N = \frac{v^2}{\rho}$

💡 **Supérieur:** "Référentiel galiléen = pas d'accélération d'entraînement"

APPLICATIONS DU MOUVEMENT




Chute Libre (Sans frottement)

$a = g \quad z = \frac{1}{2}gt^2$

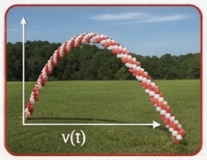
$v = gt$

Chute avec frottement fluide

Modèle linéaire $F = -kv$

Modèle quadratique $F = -kv^2$

Vitesse terminale $v_t = mg/k$ ou $\sqrt{mg/k}$

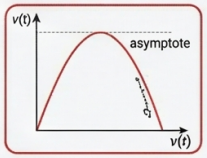


Projectile (Champ uniforme)

$x(t) = v_0 \cos\alpha \cdot t$

$z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0 \sin\alpha \cdot t$

Range: $x_{max} = \frac{v_0^2 \sin(2\alpha)}{g}$



💡 **Lycée:** "Projectile: mouvement Parabolique = MRU horizontal + MRUV vertical"

ÉNERGIE & APPLICATIONS




Énergies mécaniques

Sprsing: $E_p = \frac{1}{2}kx^2 \quad E_m = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}kx^2$

Pendule pan torsion: $E_p = \frac{1}{2}C\theta^2 \quad E_p = mgh$

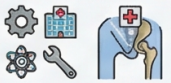
Conservation $E_m =$ constant

Non-conservation $\Delta E_m = W_{friction} < 0$

Applications professionnelles

Ingenieer: Vibrations mécaniques, isolratieur/dampeirs
Phyecien: Biomécharics/joints = pendul. MRI/résonance
Technicien: Rotor balaincing, ajustion de suspensiont
Rechercher: Graves itatitationals/LIGO, modes, quantions méchanice quantime limite Newtonian limitt

Limite mécanique newtonienne $\Delta E = h\nu$



CHAMPS E & B




Force Électrique $\vec{F} = q\vec{E}$ $E = \frac{U}{d}$

Déflexion Électrostatique (trajectory paraboliqu)

Force de Lorentz $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$

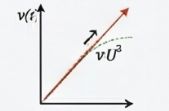
Direction right-hand /left-hand rule

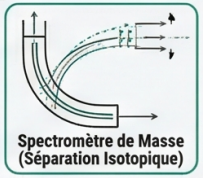
$\vec{v} \perp \vec{B}$ **Uniforme Uniform**

Radios $R = \frac{mv}{|q|B}$

Déflection curtoine magnétiqu

Curvature proportionnal porvonnii $\frac{m}{q}$





ROTATION & OSCILLATIONS




Rotation autour d'un axe fixe

$\ddot{\theta} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$

Fundamental relation

Angularation

$a_T = r\ddot{\theta}$

$a_N = r\dot{\theta}^2$

$\sum M_\Delta = J_\Delta \cdot \ddot{\theta}$

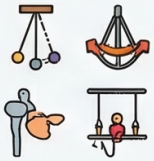
(J_Δ: moment of inertia)

Oscillateurs

Horizontal spring	Simple-pendulum (small θ)	Torsion pendulum
$\ddot{x} + (k/m)x = 0$	$\ddot{\theta} + (g/L)\theta = 0$	$\ddot{\theta} + (C/J)\theta = 0$
$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$	$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$	$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J}{C}}$

Amortissement
- solid friction plateau
- fluid friction : exponential

Résonance
- Ounsl friction
- solid friction
- exponential



💡 **Pro:** "Moment d'inertie J dépend de la répartition des masses ($J_{disque} = \frac{1}{2}MR^2$)"

💡 **Médecin:** "Pendule simple $T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}}$ indépendant de la masse (même période pour adulte/enfant)"



Vibrating rope | Gyroscope | Trapeze

GRAVITATION



Loi Universelle $\vec{F} = -G\frac{mM}{r^2}\vec{u}_r$

3 Lois de Kepler

3 Lois de Kepler
- Elliptical Trajectories with Son at focus
- Élipt areas in équal time Son at focus
- Équal areas in équal time

$\frac{T^2}{a^3}$ = constant

Satellite Circulaire

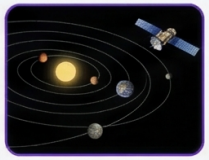
$v = \sqrt{\frac{GM}{r}} \quad T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

Gravitational Force = Centripetal force

Énergie Mécanique

$E_m = \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{mM}{r} = -\frac{GMm}{2r}$

Negative = bound state




Falling Apple


Earth orbit


International Space Station (ISS)


Space Telescope

MÉCANIQUE

OMAR BANANI

$\sum \vec{F} = m\vec{a}$ $\quad \vec{F} = -G\frac{mM}{r^2}\vec{u}_r$

$T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$ $\quad R = \frac{mv}{|q|B}$

$g = 9.81\ m{\cdot}s^{-2}$

$G = 6.67{\times}10^{-11}\ N{\cdot}m^2{\cdot}kg^{-2}$

$c = 3.00{\times}10^{8}\ m/s$

LOIS DE NEWTON
(Cinématique & Dynamique)
(26pt)


Roller coaster (energiy)


Équilibre des forces (Newton)


Billiards (impact/action-réaction)

📐 Cinématique

$\vec{v} = \frac{d\overrightarrow{OM}}{dt}$ $\quad \vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$

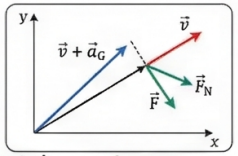
Nature of motion (dot product):

$\vec{a}\cdot\vec{v} > 0 \Rightarrow$ accéléré $\quad \vec{a}\cdot\vec{v} < 0 \Rightarrow$ décéléré

Newton's 2nd Law (Galilean frame of reference): $\sum \vec{F}_{ext} = m\vec{a}_G$

Third Law (Action-Reaction): $\vec{F}_{A/B} = -\vec{F}_{B/A}$

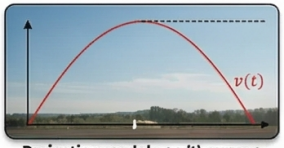
Frenet Basis: $\vec{a} = a_T\vec{\tau} + a_N\vec{n}$ $\quad a_N = \frac{v^2}{\rho}$



Velocity/Acceleration Vectors + Forces

💡 Higher Education: "Référentiel galiléen = aucune accélération de translation"

APPLICATIONS DU MOUVEMENT
(26pt)



Projectic paradola + v(t) curve + horizontal asymptote

🍎 Chute Libre (Sans frottement):

$a = g$ $\quad v = gt$ $\quad z = \frac{1}{2}gt^2$

Fall with fluid friction:
Linear model: $\vec{F} = -k\vec{v}$
Quadratic model: $\vec{F} = -kv^2\vec{u}_v$
Terminal velocity: $v_l = mg/k$ (linear) or $\sqrt{mg/k}$ (quadratic)

Projectile (uniform field):

$x(t) = v_0\cos\alpha \cdot t$ $\quad z(t) = -\frac{1}{2}gt^2 + v_0\sin\alpha \cdot t$

Trajectoire parabolique. Portée: $x_{max} = \frac{v_0^2\sin(2\alpha)}{g}$

Méthode d'Euler:
Numerical solution of equations Differentials

💡 High School: "Projectile : mouvement Parabolique = mouvement rectiligne uniforme horizontal + mouvement rectiligne uniforme vertical"


🍎 Chute d'une pomme (Gravity)


🚀 Lancer de projectile oblique


🚗 Airbag (inertia)

ÉNERGIE & APPLICATIONS
(26pt)


Roller coaster

⚡ Mechanical energies:

Ressort: $E_p = \frac{1}{2}kx^2$ $\quad E_m = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 + \frac{1}{2}kx^2$

Torsion pendulum: $E_p = 1/2C\theta^2$ $\quad$ Gravity: $E_p = mgh$

Conservation: Without friction, E_m = constant
Non-conservation: With friction, $\Delta E_m = W_{frottement} < 0$

Professional applications:
Engineer: Mechanical vibrations, insulation (dampers)
Physician: Biomechanics (joints = pendulums), MRI (resonance)
Technician: Rotor balancing, suspension adjustment
Researcher: Gravitational waves (LIGO), quantum mechanics (Newtonian limit)

Newtonian mechanical limit: Atom (quantized energy, ΔE = hν)


Vague déferlante (Energy)


Skieur (forces/friction)


Pont suspendu (tension)


IRM (magnetic resonance)

CHAMPS E & B
(26pt)

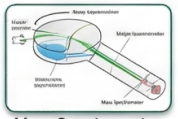
⚡ Force Électrique: $\vec{F} = q\vec{E}$ $\quad E = \frac{U}{d}$

Electrostatic Deflection: Parabolic trajectory traietory (like a projectile)

Lorentz Force: $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$
Direction: Règle de la main droite (q>0) ou règle de la main gauche (q<0)

If $\vec{v} \perp \vec{B}$: $R = \frac{mv}{|q|B}$ Uniform circular motion. Radius

Magnetic Deflection: Trajectory curvature proportional to m/q


Mass Spectrometer (Isotope Separation)


Spectromètre de masse


⚡ Large Hadron Collider (LHC)

ROTATION & OSCILLATIONS
(26pt)


Foucault pendulum + spring oscillator

🔁 Rotation around a fixed axis:
Angular acceleration: $\ddot{\theta} = \frac{d^2\theta}{dt^2}$

$a_T = r\ddot{\theta}$ $\quad a_N = r\dot{\theta}^2$ Relation fondamentale (J_Δ: moment d'inertie, kg·m²)

Oscillators (Table):
Ressort | horizontal | $\ddot{x} + (k/m)x = 0$ | Période
Simple pendulum (small θ) | $\ddot{\theta} + (g/L)\theta = 0$ | $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$
Torsion pendulum | $\ddot{\theta} + (C/J)\theta = 0$ | $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{J}{C}}$

Damping: Solid friction (plateau) vs fluid friction (exponential)

Resonance: Excitateur + résonateur, excitation frequency = natural frequency


💡 Professional: "Moment d'inertie J dépend de la répartition de masse ($J_{disque} = ½MR^2$)"


Corde vibrante (waves)


Skieur (frriction)


Gyroscope (rotation)


Grande Roue (MCU)


Grande Roue (MCU)


Trapèze (pendulum)

GRAVITATION
(26pt)


💡 Medical Doctor: "Pendule simple T = 2π√(L/g indépendant de la masse (même période pour adulte/enfant)"

🌍 Loi Universelle: $\vec{F} = -G\frac{mM}{r^2}\vec{u}_r$

3 of Kepler's Laws:
Elliptical Trajectories (Sun at Focus)
Equal Areas in Equal Time; $\frac{T^2}{a^3}$ = constante

Circular Satellite: $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$ $\quad T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{GM}}$

Gravitational Force = force Centripète

Mechanical Energy: $E_m = \frac{1}{2}mv^2 - G\frac{mM}{r} = -\frac{GMm}{2r}$

(Negative = bound state)


Orbite terrestre (Kepler)


International Space Station (ISS)


Télescope spatial (Orbit)

'CHIMIE'

OMAR BANANI

$R = 8.314\ J{\cdot}mol^{-1}{\cdot}K^{-1}$
$F = 96500\ C{\cdot}mol^{-1}$
$K_e = 10^{-14}$ (25°C)

$v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$ $Q_r = \frac{[produits]}{[réactifs]}$

CINÉTIQUE CHIMIQUE

Vitesse de réaction

$v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$ (mol·L⁻¹·s⁻¹)

Temps de demi-réaction

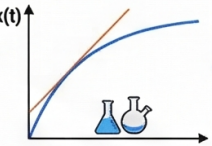
$t_{1/2}$: temps pour que $x = \frac{x_{max}}{2}$

	State	Progress	Quantité	Quantité
Initial	0	0	$n_0(A)$	$n_0(B)$
En cours	o	x	$n_0 - vx$	
Final	x_{max}	x_{max}	$n_0 - vx_{max}$	

Facteurs cinétiques

Concentration : ↑ = ↑ vitesse
Température : ↑ = ↑ vitesse
Règle de Van't Hoff: +10°C ≈ 2 à 4 fois vitesse
Catalyseur : ↑ vitesse sans modifier l'équilibre

Conductimétrie, pH-métrie, pression, spectrophotométrie



Thermomitétion (suivi de température)

Thermomètre (suivi de température)
Courbe cinétique (x vs t)

Lycée: '$t_{1/2}$ indépendante de la concentration (réaction d'ordre 1)'

ÉQUILIBRES CHIMIQUES

Quotient de réaction

$Q_r = \frac{\prod[produits]^{\nu}}{\prod[réactifs]^{\nu}}$

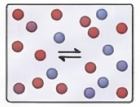
Constante d'équilibre

$K = Q_{r,eq}$

- $K > 10^4$: réaction quasi-totale vers les produits
- $K < 10^{-4}$: réaction très limitée
- $10^{-4} < K < 10^4$: équilibre

Sens d'évolution

- $Q_r < K$: réaction vers la droite (produits)
- $Q_r > K$: réaction vers la gauche (réactifs)
- $Q_r = K$: équilibre dynamique



Taux d'avancement final

$\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$

Déplacement de l'équilibre (Le Chatelier)

Concentration: ajout de réactif → droite
Température: endothermique → droite si T↑
Pression (gaz): vers moins de moles si P↑

Université: 'Q_r dimensionnel, K sans dimension (activités)'

Balance analytique (pesée)

Balancce analytique (pesle)

CONTRÔLE & APPLICATIONS

Techniques expérimentales

Reflux : Chauffage sans perte de matière)
Distillation: Séparation par points d'ébullition)
Cristallisation: Purification de solides)
Filtration: Séparation de phases)

$R = \frac{n_{expérimentale}}{n_{théorique}} \times 100\%$

Applications professionnelles

Ingénieur: Réacteurs chimiques: optimisation Q, T, catalyseur
Médecin/Pharmacien: Synthèse de médicaments: aspirine, paracétamol; contrôle qualité: titrage
Technicien: Contrôle de processus industriel, analyse d'eau: pH, conductivité
Chercheur: Cinétique enzymatique, électrochimie avancée: batteries Li-ion; chimie verte

Rendement

Catalyse

Taux d'accélération
Sélectivité (direction de la réaction)
Non consommé (régénéré)

Sécurité

Solvants inflammables, acides/bases corrosifs, pression/température

Agitateur magnétique (homogénéisation)

ACIDO-BASE

Définition de Brønsted

Acide (donneur d'H^+)
Base (accepteur d'H^+)

Produit ionique de l'eau

$(K_e = [H_3O^+][OH^-] = 10^{-14})$ à 25°C: $(pK_e = 14)$

$pH = -\log[H_3O^+]$
$[H_3O^+] = 10^{-pH}$

Constante d'acidité

$(K_A = [A^-][H_3O^+]/[HA])$ – $pK_A = -\log K_A$

Diagramme de Prédominance

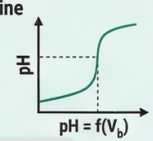
pH < pK_A - 1: HA prédomine
pH > pK_A + 1: A^- prédomine

Force Acide/Base

Acide Fort: $K_A >> 1$ ($pK_A < 0$)
Acide Faible: $K_A < 1$ ($pK_A > 0$)

Titrage

Point d'Équivalence : n(acide) = n(base)
Indicateur : pK_A(indicateur) ≈ $pH_{équivalence}$



Burette (titrage)

pH-mètre (mesure du pH)

Bac Pro: '$pH = ½(pK_A - \log C)$ pour un acide faible dilué'
PACES: "Tampon sanguin: mélange H_2CO_3/HCO_3^- ($pK_A = 6.4$, pH = 7.4)"

ESTÉRIFICATION

Réaction

$R\text{-}COOH + R'\text{-}OH \rightleftharpoons R\text{-}COO\text{-}R' + H_2O$

Caractéristiques

Lente (chauffage à reflux requis)
Limitée (K ≈ 4, τ ≈ 67% à l'équimolaire)
Catalysée par H^+

Reflux + fractional distillation

Nomenclature des équilibres

Excès de réactife (alcool ou acide)
Dlimimation:
Élimination de l'eau (esster)
Catallysée al ester

Déplacement de l'équilibre

Excès de réactif (alcool ou acide)
Élimination de l'eau (distillation)
Élimination de l'ester

Hydrolyse

$(RCO)_2O + R'\text{-}OH \rightarrow RCOOR' + RCOH$

Rapide et totale, sans équilibre

Anhydride d'acide

Alkyle alkanoate (ex: ethyl ethanoate)

(rester + water + ⟶ acid + alcohol

Nomenclature des esters

Groupes caractéristiques

-OH (hydroxyle, alcool)
$-CO_2H$ (carboxyle, acide)
$-CO_2R$ (ester)
-CO-O-CO- (anhydride)

Flacon d'ester (odeur fruitée)
Pomme (acide malique)
Vin tartarique)
Beurre (ester butyrique)
Aspirin (synthèse de médicament)
Savon (hydrolyse basique
Chromatographie (suivi de réaction)

PILES & ÉLECTROLYSE

Pile (transformation spontanée)

Réactions

Anode (-): Oxydation
Cathode (+): Réduction

Potentiel d'Électrode

$E = E° + \frac{0.059}{n}\log\frac{[ox]}{[red]}$ (à 25°C)

Force Électromotrice

f.e.m. = $E_+ - E_- > 0$

Quantité d'Électricité

$F = 96500\ C{\cdot}mol^{-1}$ (Faraday)

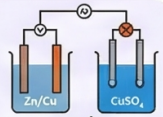
Électrolyse (Transformation Forcée)

Le générateur impose le sens inverse
Anode: Oxydation (même nom, polarité positive)
Cathode: Réduction (même nom, polarité négative)

Électrolyse (Transformation Forcée)

Loi de Faraday

$m = \frac{M \cdot I \cdot \Delta t}{n \cdot F}$



Pile Daniell ($CuSO_4$)

Électrolyseur

Pile Daniell (Zn/Cu)

Électrolyseur ($CuSO_4$)

magnétieur (homogénéisation)
Eau distillée (solvant)
Acide éthanoïque (vinaigre)
Levure (catalyse biologique)

CHIMIE

OMAR BANANI

$v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$ $Q_r = \frac{[produits]}{[réactifs]}$ $pH = -\log[H_3O^+]$ $Q = I \cdot \Delta t = n_e \cdot F$

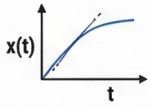
$R = 8.314\ J \cdot mol^{-1} \cdot K^{-1}$
$F = 96500\ C \cdot mol^{-1}$
$K_e = 10^{-14}$ (25°C)

CINÉTIQUE CHIMIQUE (26pt)

- $v = \frac{1}{V}\frac{dx}{dt}$ $(mol \cdot L^{-1} \cdot s^{-1})$ — Vitesse de Réaction
- Tableau d'Avancement

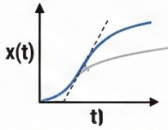
Initial	$n_0(A)$	$n_0(B)$
En cours	x	$n_0 - vx$
Final	x_{max}	$n_0 - vx_{max}$

- Temps de Demi-Réaction — $t_{1/2}$: temps pour $x = \frac{x_{max}}{2}$
  - Lycée: $t_{1/2}$ indépendante de la concentration (réaction d'ordre 1)
- Facteurs Cinétiques
  - Concentration (↑ = ↑
  - Température (Van't Hoff: +10°C ≈ 2 to 4 times faster
  - Catalyseur (↑ speed without changing equilibrium
  - (Levure - biological catalysis)
- Biological emisatalysis
- Suivi Expérimental
  - Conductimétrie
  - pH-métrie
  - Pression
  - Spectrophotométrie
- Courbe cinétique



$v = \frac{dx}{dt} := I \cdot \Delta t = n_e \cdot vx_{max}$
- $Q_r > 10$: Direct (drot, produiti)
- $Q_r > K$: Inverse (gauche, réactifs)
- $Q_r = K$: Equilibre exche réactifins

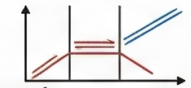
Graphique: x(t)



- Courbes cinétique
- Vin - acide tartarique
- Courbe cinétique (≈ x(t) with tangent (instantaneous speed)

ÉQUILIBRES CHIMIQUES (26pt)

- Q_r adimensionnel, K adimensionnel (activités)) $Q_r = \frac{\prod[produits]^{\nu}}{\prod[réactifs]^{\nu}}$: Quotient de Réaction
- $K = Q_{r,eq}$: Constante d'Équilibre
  - $K > 10^4$: almost complete
  - $K < 10^{-4}$: limited
  - $10^{-4} < K < 10^4$: balance
- Sens de la Réaction
  - $Q_r < K$: Direct (droite, produits)
  - $Q_r > K$: Inverse (gauche, réactifs)
  - $Q_r = K$: Équilibre dynamique
- Taux d'Avancement Final — $\tau = \frac{x_f}{x_{max}}$
- Déplacement de l'Équilibre
  - Concentration: +reactant → right
  - Température: Endothermic → right if T↑
  - Pression (gas): towards fewer moles if P



Équilibre dynamique (microscopic scale)

ESTÉRIFICATION (26pt)

- Bouteille d'ester - odeur
- Beurre - ester butyrique
- Réaction — $R\text{-}COOH + R'\text{-}OH \rightleftharpoons R\text{-}COO\text{-}R' + H_2O$
- Caractéristiques
  - Lente (chauffage à reflux requis)
  - Limitée (K ≈ 4, τ ≈ 67% à équimolar)
  - Catalysée par H^+
- Hydrolyse: Hydrolyse
  - Déplacement d'Équilibre -
  - Excès réactif
  - Élimination eau (distiin)
  - Élimination ester
- Réaction inverse (ester + water → acid + alcolyse basique ester)
- Anhydride d'Acide — $(RCO)_2O + R'\text{-}OH \rightarrow RCOOR' + RCOOH$ — Rapide et totale
- Nomenclature Ester — Alcanoate d'alkyle (ex: éthanoate d'éthyle)
- Groupes Caractéristiquees
  - -OH: hydroxyle (alcool)
  - $-CO_2H$: carboxyle (acide)
  - $-CO_2R$: ester
  - -CO-O-CO-: anhydride
- Montage
  - Distillation fractionnée

Bouteille d'ester - odeur fruitée
Beurre - ester butyrique)



Reflux (Ballon reaction)
Distillation fractionnée (Thermomètre)

ACIDE-BASE (26pt)

- Définition Brønsted
  - Acide (H^+ donor) — Acide éthanoïque - vinaigre
  - Base (H^+ accepte) — Pomme - acide malique
  - Vin - acide tartarique
- Produit Ionique de l'Eau: ($K_e = [H_3O^+][OH^-] = 10^{-14}$) (Eau distillée - solvent)
- pH: ($pH = -\log[H_3O^+]$) ($[H_3O^+] = 10^{-pH}]O^{-pH}$)
  - IUT/BTS: $pH = \frac{1}{2}(pK_A - \log C)$ pour acide faible dilué
- Constante d'Acidité : $K_A = \frac{[A^-][H_3O^+]}{[HA]}$
- Diagramme d'Prédominance: $pK_A = -\log K_A$
  - Diagramme de Prédominance
  - $pH < pK_A - 1$: HA prédomine
  - $pH > pK_A + 1$: A^- prédomine
- Force Acide/Base
  - Acide Fort : $K_A >> 1$ ($pK_A < 0$)
  - Acide Faible: $K_A < 1$ ($pK_A > 0$)
- Indicateur Coloré
  - Titrage: Point Équivalent: n(acid) = n(base)
  - pK_A(indicateur) ≈ $pH_{équivalence}$
  - Courbe: pH = f(V_b) with équivalence jump

PILES & ÉLECTROLYSE (26pt)

- Pile (Transformation Spontanée): $E = E° + 0.059/n \log \frac{[ox]}{[red]}$ (25°C)
- Force Électromotrice — e.m. force = E+ - E- > 0
- Quantité d'Électricité — $Q = I \cdot \Delta t = n_e \cdot F$, $F = 96500\ C \cdot mol^{-1}$
- Réactions
  - Anode (-): Oxydation
  - Cathode (+): Réduction
- Électrolyse (Transformation Forcée)
  - Anode: Oxydation (+)
  - Cathode: Réduction (-)
  - Générator imposes opposite
- Loi de Faraday: $m = \frac{M \cdot I \cdot \Delta t}{n \cdot F}$



(Balance analytique)
(Pile Daniell Zn/Cu)
(Électrolyseur $CuSO_4$)

CONTRÔLE & APPLICATIONS (26pt)

- Techniques Expérimentales
  - Reflux: Chauffage sans perte de matière
  - Distillation: Séparation par points d'ébullition
  - Cristallisation: Purification solide
  - Filtration: Séparation de phases
- Rendement: $R = \frac{n_{expérimental}}{n_{théorique}} \times 100\%$
- Catalyse
  - Taux d'accélération
  - Sélectivité (sens réaction)
  - Non consommé (régénéré)
- Applications Professionnelles
  - Ingénieur (Réacteurs)
  - Médecin/Pharmacien (Synthèse médicaments, Aspirine, contrôle qualité, Titrage)
  - Technicien (Contrôle indus, analyse eau)
  - Chercheur: Cinétique enzymatique, électrochimie avancée batteries Li-ion, chimie verte)
- Sécurité
  - Solvants inflammables
  - acides/bases corrosifs
  - pression/température

Conum — oranthvisaes (odere fruiter)

- Montage
  - Reflux: Chauffage sans perte de
  - Distillation: Séparation par points d'ébullition
  - Cristallisation: Purification solide
  - Filtration: Séparation de phases
  - (Agitateur magnétique)

(Chromatographie - analysis)